

# Effecten van vernatting in bossen

## *Conclusies en aanbevelingen voor praktijk en beleid*

A.F.M. Olsthoorn  
J. Kopinga  
G.W. Tolkamp  
C.A. van den Berg  
C.J.F. ter Braak



landbouw, natuurbeheer  
en visserij

© 2003 Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

Rapport EC-LNV nr. 2003/173 O  
Ede/Wageningen, 2003

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Dit onderzoek werd door Alterra uitgevoerd in opdracht van het Expertisecentrum LNV van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Het hydrologisch proefveld Geestmerambacht is aangelegd door De Dorschkamp in 1985 en het onderzoek is ook deels gefinancierd door het DWK Onderzoekprogramma 320 Bossen in hun ecologische en maatschappelijk context (1997-2000). Alle onderzoekslocaties zijn eigendom van Staatsbosbeheer.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij het Expertisecentrum LNV onder vermelding van code 2003/173 O en het aantal exemplaren.

Oplage	200 exemplaren
Samenstelling	A.F.M. Olsthoorn, J. Kopinga, G.W. Tolkamp, C.A. van den Berg (allen Alterra) C.J.F. ter Braak (Biometris, Wageningen)
Ontwerp omslag	Grafisch Atelier Wageningen
Druk omslag	Van Eck & Oosterink, Dodewaard
Foto/beeldmateriaal	Wim Tolkamp, tenzij anders vermeld
Druk	Ministerie van LNV, directie IFA/Bedrijfsuitgeverij
Productie	Expertisecentrum LNV Bedrijfsvoering/Vormgeving en Presentatie Bezoekadres : Marijkeweg 24 Postadres : Postbus 30, 6700 AA Wageningen Telefoon : 0317 474801 Fax : 0317 427561 E-mail : Balie@eclnv.agro.nl

Motto:

***Nederland is laagje voor laagje gevormd  
door water, wind en ijs.***

***Als je deze bodem verwondt,  
grijnst de schoonheid van het profiel je toe.***

***Je weet dan meteen dat wij de aarde  
nooit meer zo kunnen terugleggen.***

***Nic Zuurdeeg, 2001***



# Voorwoord

Het vernattingsonderzoek in bossen is door Alterra uitgevoerd in het kader van het Overlevingsplan voor Bos en Natuur, onder begeleiding van het Deskundigenteam Bossen. Het betreft met name de effecten van vernatting op de bomen in het bos. Dit eindrapport bevat een overzicht van de resultaten van de onderliggende rapporten, die vaak een meer technisch karakter hebben. Het is opgesteld door het Expertisecentrum LNV in opdracht van de directie Natuurbeheer. Voor een onderbouwing van sommige conclusies in dit eindrapport wordt daarom verwezen naar de deelrapporten.

Het eindrapport pretendeert vragen en antwoorden op een rij te zetten voor zowel beleidsmakers als terreinbeheerders. Op deze wijze hopen we bij te dragen aan een goede uitvoering van herstelmaatregelen in natte bossen in het kader van de regeling EGM, opdat geen onvoorziene problemen optreden.

Drs. R.P. van Brouwershaven  
Directeur Expertisecentrum LNV

# Dankbetuiging

Wij willen graag Staatbosbeheer dank zeggen voor het beschikbaar stellen van de onderzoekslocaties. Voor het hydrologische proefveld Geestmerambacht in Noord Holland zijn dit in de loop der jaren geweest: Teun Paarlberg, Frans Erinkveld, Marcel Berkhout en Jaap Jorritsma. Voor Drenthe als geheel Ronald Sinke, in Roden Jacob Dam en Bert Witvoet en in Gees Bernhard de Jong. Voor Leende (Noord Brabant) waren dit Gerhard Bosschers en Sjaak Vorstermans. Vanuit de Dorschkamp en IBN heeft Jan van den Burg de proefopzet gemaakt en heeft Jacques Peeters veel voorwerk gedaan voor het afrondende onderzoek. Een aantal statistische bewerkingen zijn binnen Alterra uitgevoerd door Bert van der Werf en Georgios Martakis. Martin Koch en André Koppe hebben bijdragen geleverd aan de onderliggende rapporten. Via een afstudeeropdracht van Larenstein hebben Miranda Bouman, Laura Boukje Stelwagen en Barry de Vries meegedacht over verdrinkende bomen. Hun werk heeft uiteindelijk een extra rapport voor OBN opgeleverd. Iedereen hartelijk bedankt. Het huidige rapport is besproken op een workshop in Leende op 13 maart 2002, georganiseerd door het Deskundigenteam Bossen en met de gemaakte opmerkingen bijgesteld. Alle aanwezigen hartelijk dank voor de constructieve opmerkingen en de uitdagingen, met name Jan den Ouden, Rein Poels, Thom Kuijper en Hans van den Bos. Ook hartelijke dank aan Henk van Blitterswijk, Ad van Hees en Karel Hanhart voor hun constructieve opmerkingen.

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Vragen uit beleid en praktijk</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Resultaten en conclusies uit de deelrapporten</b>	<b>13</b>
3.1	Onderzoekopzet Vernattingsonderzoek in bossen	13
3.1.1	Hydrologisch proefveld Geestmerambacht	13
3.1.2	Veldlocaties in Roden, Gees en Leende	13
3.2	Hydrologisch proefveld Geestmerambacht (vnl. uit Koppe, 2002 en Van den Berg et al., 2002)	14
3.3	Veldlocaties in Roden, Gees en Leende (vnl. uit Olsthoorn et al., 2001 en Bouman et al., 2001)	14
<b>4</b>	<b>Aanbevelingen voor beleid en praktijk</b>	<b>19</b>
4.1	Antwoord op de vragen	19
4.1.1	Beleid: Vernatting kan ingezet worden ten behoeve van verschillende doelstellingen. Welke afwegingen spelen er bij het bepalen van de doelstelling?	19
4.1.2	Beleid/praktijk: Wat moet men o.a. vooraf inventariseren om een vernattingsproject succesvol te kunnen plannen?	20
4.1.3	Praktijk: Wat is het effect van de diepte van de beworteling van de aanwezige boomsoorten?	20
4.1.4	Praktijk/beleid: Voor welke boomsoorten zijn de risico's het grootst en wat is het effect van toenemende leeftijd?	20
4.1.5	Praktijk: Bij welke stapgrootte van een vernatting zijn de risico's acceptabel?	21
4.1.6	Beleid/praktijk: Hoe snel opeenvolgend kunnen stappen worden gezet in de verhoging van de grondwaterstand?	21
4.1.7	Beleid/praktijk: Hoe kunnen de effecten van vernatting worden gevolgd via monitoring van de vitaliteit?	21
4.1.8	Praktijk: Hoe kan vernatting flexibel worden ingezet?	22
4.1.9	Beleid/praktijk: Is totaal herstel van de oorspronkelijke situatie mogelijk na vernatting tot de oorspronkelijke grondwaterstand?	22
4.1.10	Beleid/praktijk: Hoe sterk neemt het windworprisco voor bomen toe na vernatting?	23
4.2	Potentiële demonstratieobjecten	24

<b>5</b>	<b>Richtlijnen voor voorbereiding en uitvoering van een vernatting</b>	<b>27</b>
5.1	Overwegingen bij een voorgenomen vernattingsproject:	27
5.2	Stapgrootte bij een vernatting:	27
	<b>Literatuur</b>	<b>29</b>
	<b>Bijlage: Verschenen publicaties uit het vernattingsonderzoek aan bomen</b>	<b>31</b>



# 1 Inleiding

De laatste halve eeuw is in ons gehele land sprake van grondwaterdaling. Dit wordt o.a. veroorzaakt door versnelde waterafvoer in de winterperiode ten behoeve van de landbouw en door drinkwaterwinning. Op veel plaatsen heeft dit al geleid tot duidelijke vermindering van de natuurwaarde, maar ook van de productiewaarden van bossen en landbouwgrond.

Op veel plaatsen wordt getracht verdroging tegen te gaan. Dit gebeurt onder andere door met grote of kleine stuwen het water minder snel af te laten stromen, sloten soms zelfs geheel te dichten of door de wateraanvoer naar het gebied te vergroten. Meestal is de nagestreefde grondwaterstijging direct gericht op herstel van de vitaliteit van de bomen of de natuurlijke kwaliteiten van het bos, in sommige gevallen krijgen bosgebieden te maken met hogere grondwaterstanden ten behoeve van de landbouw in de omgeving.

Veel bossen in Nederland zijn aangelegd als ontginningsbossen, op voormalig woeste gronden (heide of stuifzand), op bodems die vaak gedegradieerd waren. Vaak is dan, in de werkverschaffing van de dertiger jaren van de vorige eeuw, een diepe bodembewerking uitgevoerd tot 80 cm of meer. Op natte groeiplaatsen is dan ook vaak al direct een betere ontwatering aangebracht (van kleine ondiepe slootjes tot rabatten op de extremere plekken). Daar is dus in feite al veel langer sprake van verdroging. In potentie zijn dit ook plekken waar vernatting tot de mogelijkheden behoort om te trachten de natuurwaarden te herstellen.

Over het algemeen is een hogere grondwaterstand positief voor de ontwikkeling van de ondergroei. Vaak is de oorspronkelijke hoge grondwaterstand het meest optimaal voor de natuurwaarde. Voor de meeste boomsoorten ligt de optimum diepte voor de grondwaterstand veel dieper, zowel voor de vitaliteit als voor de groeisnelheid. De optimale diepte voor boomgroei is op de meeste bodemtypen ruim 1 meter (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand, GVG; Vroon, 2000). Dit betekent dat een ondiepe grondwaterstand negatief kan uitwerken voor de groei omdat het doorwortelde volume klein is.

Soms is na de verdroging een andere boomsoort aangeplant, die is gericht op de nieuwe, drogere, omstandigheden met een optimale grondwaterstand van ruim 1 meter voor goede groei (bijvoorbeeld voor een productiedoelstelling). Dan kunnen de gevolgen van vernatting zeer sterk zijn, omdat de soort de hoge grondwaterstanden na vernatting waarschijnlijk niet zal kunnen verdragen. Een boomsoort, die al lange tijd vóór de verdroging aanwezig was, kan in principe hoge grondwaterstanden goed verdragen. Bij vernatting zal het wortelstelsel zich wel moeten aanpassen aan de nieuwe situatie, omdat er inmiddels diepe wortels gevormd zijn. Dit kan problemen opleveren. Omdat vernatting in potentie dus grote gevolgen kan hebben, zowel voor een nieuwe als een oude boomsoort op die plek, is er veel vraag naar informatie waarmee de risico's beter ingeschat kunnen worden.

In gebieden met grondwaterstandverhogingen doet zich dus de vraag voor hoe de aanwezige bossen daarop zullen reageren, met name de bomen daarin. Er zijn voorbeelden waar plotselinge grondwaterstandverhogingen hebben geleid tot lokale bossterfte (boswachterij Gees, landgoed Schoonheten). In andere gevallen is er een algemene vitaliteit achteruitgang van de bomen in het bos. Soms is er een interactie met aantastingen (o.a. eikenprachtkever; zie Oosterbaan et al. 2001).

In het volgende hoofdstuk worden daarom een aantal vragen geformuleerd (hoofdstuk 2). Na enige resultaten en conclusies uit de voorgaande rapporten (hoofdstuk 3) worden de vragen zoveel mogelijk beantwoord met hun consequenties voor praktijk en beleid, via aanbevelingen (hoofdstuk 4) en richtlijnen (hoofdstuk 5).



*Een te grote vernattingsstap heeft onomkeerbare gevolgen voor de bomen.*

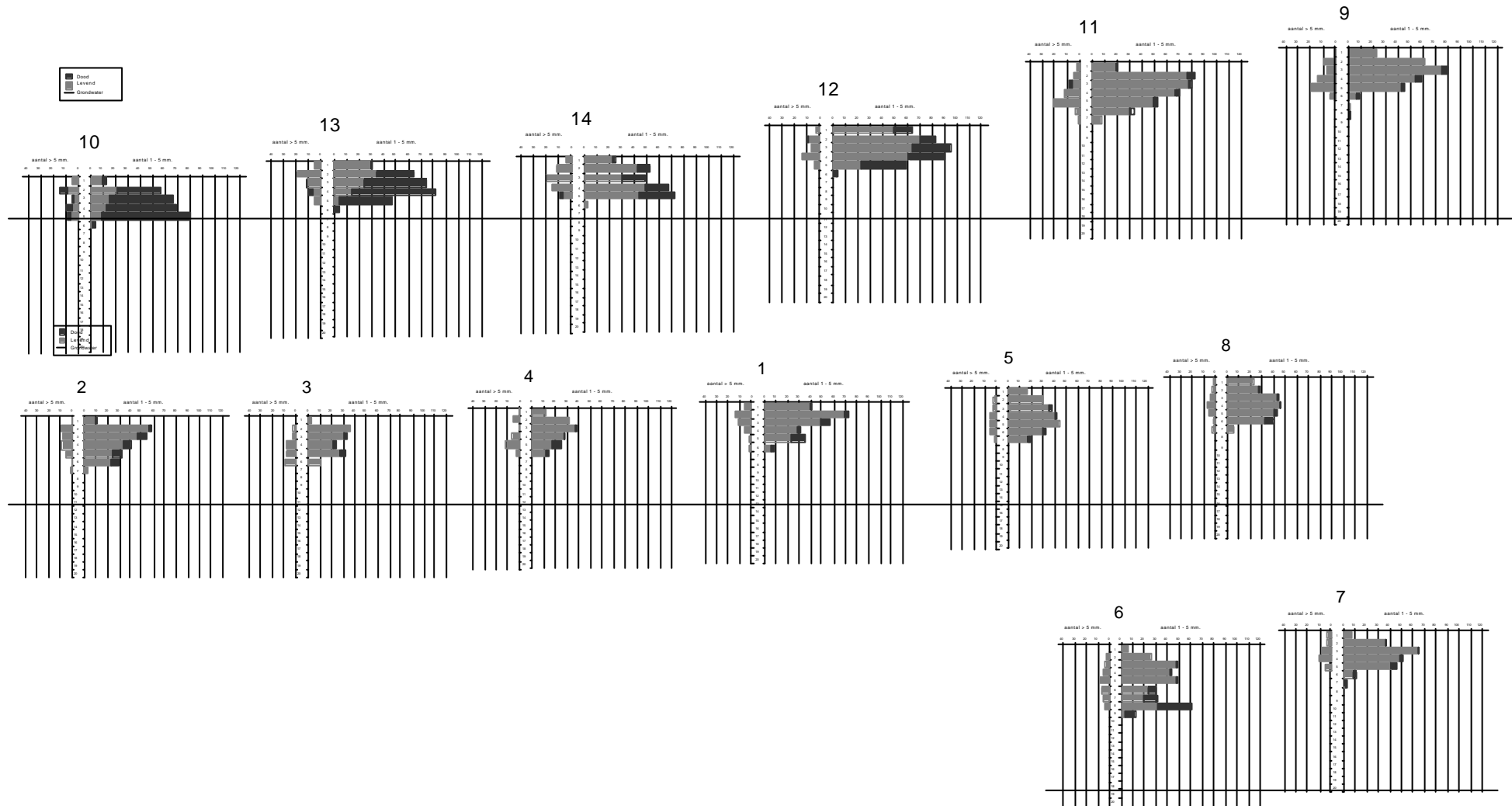
## 2 Vragen uit beleid en praktijk

Om meer inzicht te krijgen in de reactie van bossen op een verhoging van de grondwaterstand zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Wat zijn de effecten van vernatting op de beworteling, de groei en de vitaliteit van bossen en wat is hierbij de invloed van de bodemomstandigheden?
2. Hoe snel kan de grondwaterstand omhoog worden gebracht zonder negatieve effecten voor de doelstelling(en) te veroorzaken?

Deze vragen op hoofdlijnen kunnen worden uitgewerkt in een aantal deelvragen. Aangegeven is ook of vragen met name voor beleid of praktijk relevant zijn (resp. sturing en uitvoering van vernattingsmaatregelen):

1. *Beleid:* Vernatting kan worden ingezet ten behoeve van verschillende doelstellingen. Welke afwegingen spelen er bij het bepalen van de doelstelling?
2. *Beleid/praktijk:* Wat moet men o.a. vooraf inventariseren om een vernattingsproject succesvol te kunnen plannen?
3. *Praktijk:* Wat is het effect van de diepte van de beworteling van de aanwezige boomsoorten?
4. *Praktijk/beleid:* Voor welke boomsoorten zijn de risico's het grootst en wat is het effect van toenemende leeftijd?
5. *Praktijk:* Bij welke stapgrootte van een vernatting zijn de risico's acceptabel?
6. *Beleid/praktijk:* Hoe snel opeenvolgend kunnen stappen worden gezet bij de verhoging van de grondwaterstand?
7. *Beleid/praktijk:* Hoe kunnen de effecten van vernatting worden gevolgd via monitoring van de vitaliteit?
8. *Praktijk:* Hoe kan vernatting flexibel worden ingezet?
9. *Beleid/praktijk:* Is totaal herstel van de oorspronkelijke situatie mogelijk na vernatting tot de oorspronkelijke grondwaterstand?
10. *Beleid/praktijk:* Hoe sterk neemt het windworprisico voor bomen toe na vernatting?



Figuur 1.: Verdeling van de aantallen dode (zwart) en levende (grijs) wortels per boom in Gees per 10 cm laag in het profiel. De horizontale lijn is de zomergrondwaterstand (op één dag gemeten in alle profielkuilen) om de verschillen in hoogteligging in het terrein te karakteriseren (transect).

## 3 Resultaten en conclusies uit de deelrapporten

In dit hoofdstuk presenteren we een samenvatting van de resultaten en conclusies uit alle deelrapporten van dit onderzoek (zie bijlage). Eerst wordt de onderzoeksopzet kort geschetst. Zie de onderliggende rapportages (bijlage) voor een uitgebreidere beschrijving.

### 3.1 Onderzoeksopzet Vernattingsonderzoek in bossen

#### 3.1.1 Hydrologisch proefveld Geestmerambacht

Het proefveld Geestmerambacht is een hydrologisch proefveld met 8 boomsoorten, waarin de grondwaterstand in stroken kan worden aangepast (Koppe, 2000). Het proefveld is in 1985 geheel nieuw aangelegd en met bomen beplant. Het bestaat uit 12 stroken van 15 m bij 120 m waarin de grondwaterstand vrij precies kan worden geregeld. Vanaf 1985 zijn bepaalde niveaus aangehouden en begin 1997 zijn de grondwaterstanden veranderd, grotendeels verhoogt. De groei en vitaliteit werden jaarlijks opgenomen. In de statistische analyse is een vierjarige periode voor 1996 vergeleken met een vierjarige periode na de vernatting, begin 1997. Het jaar 1996 is niet in de analyse betrokken vanwege storingen in de grondwaterregeling. In 2001 is wortelonderzoek gedaan om eventuele schade aan met name de structuurwortels vast te stellen. Zie verder Koppe (2001) voor een technische beschrijving van het proefveld en een beoordeling van de betrouwbaarheid van de cijfers. Zie Van den Berg et al. (2002) voor een beschrijving van de gevolgde methodiek bij o.a. het wortelonderzoek en voor de resultaten van dit deel van het onderzoek.

#### 3.1.2 Veldlocaties in Roden, Gees en Leende

Omdat in het proefveld Geestmerambacht de bomen nog vrij jong zijn (aanleg in 1985), zijn ook drie locaties met volwassen bos geselecteerd voor veldonderzoek. In de locaties te Roden, Leende en Gees was een gradiënt in hoogteligging aanwezig, zodat er bomen onderzocht konden worden die veel of weinig wortelruimte in de bodem overhielden na de vernatting. De soorten in de drie geselecteerde locaties waren eik, grove den, beuk en Douglas. Het tijdstip, waarop de vernatting is ingezet, verschilt per locatie: in het Mensingebos (Roden) omstreeks 1987/'88, in mei 1993 in de boswachterij Gees en eind 1996 in de boswachterij Leende.

Tijdens het veldwerk is per boomsoort o.a. bepaald: vitaliteit, diktegroei (d.m.v. jaarringanalyse via boorspanen), en beworteling. Via profielkuilen is een wortelkaart gemaakt die met een GIS methodiek is verwerkt tot aantallen wortels per laag van 10 cm diepte. Wortels zijn geklasseerd als dood of levend in verschillende dikteklassen. In elke kuil is de grondwaterstand tijdens het wortelonderzoek opgenomen (een lage zomerstand, op 1 dag gemeten per locatie) om de hoogteligging van de bomen onderling te verbinden. Deze zomergrondwaterstand is als een horizontale lijn zichtbaar in de figuren. Zie verder Olsthoorn et al. (2001) en Bouman et al. (2001) voor een uitgebreidere omschrijving van methoden en resultaten.

### **3.2 Hydrologisch proefveld Geestmerambacht (vnl. uit Koppe, 2002 en Van den Berg et al., 2002)**

Boomsoorten hebben wortelruimte nodig om water op te kunnen nemen. Daarom blijkt dat vrijwel altijd een optimum optreedt in de groei bij een grondwaterstand van ruim 1 meter diep (zie o.a. Vroon, 2000). De grondwaterdiepten in Geestmerambacht voor de vernatting bleken voornamelijk ondieper te zijn. Dan blijkt er een mooie lineaire relatie te zijn tussen de groei en de diepte van het grondwater niveau. Hoe dieper het grondwater zit, hoe krachtiger de groei. Als de grondwaterstand dieper dan 1,20 meter komt (niet aanwezig in dit proefveld), zal de groei waarschijnlijk weer afnemen, omdat dan de nalevering van water uit de ondergrond gedurende het groeiseizoen wegvalt (het wordt uiteindelijk een hangwaterprofiel als het grondwater te diep staat).

Na de vernatting blijkt dat de groei zich snel aanpast aan het nieuwe niveau. Dit is ook niet zo vreemd als blijkt dat er geen dramatische wortelsterfte is opgetreden. De worteltellingen sluiten wel goed aan op de resultaten uit de veldlocaties: er trad met name wortelsterfte op bij de minst tolerante boomsoort en bij een grote vernattingstap. Opvallend is dat de groei al snel na de vernatting begint te veranderen, zelfs na het droge jaar 1996. Er zijn geen opvallende veranderingen in de nutriëntengehalten of vitaliteit opgetreden na de grondwaterstandsverandering. Zie verder Van den Berg et al. 2002.

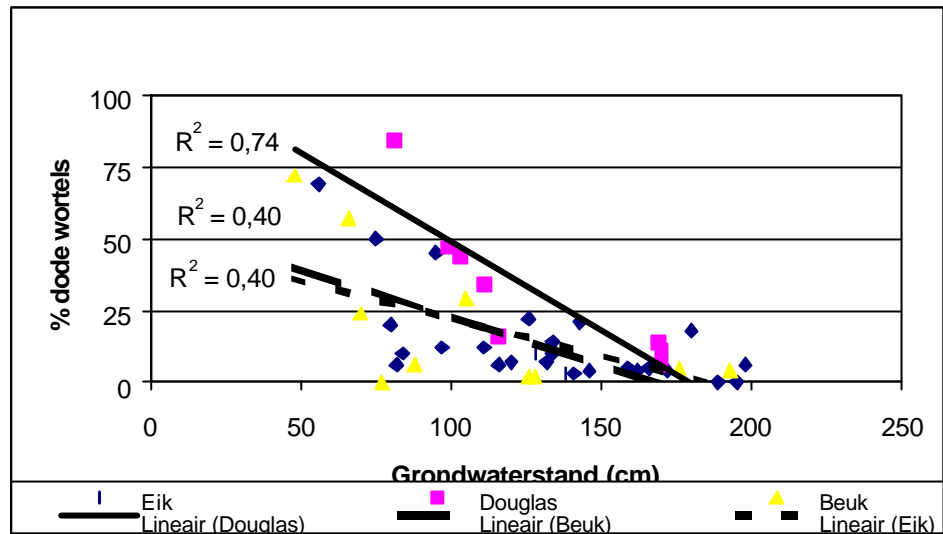
Als hoofdconclusie uit het hydrologische proefveld Geestmerambacht kan worden gezegd dat jonge bomen niet zoveel last hebben van vernatting en dat de groei zich snel kan aanpassen. De grondwaterstijgingen in het proefveld zijn niet sterk genoeg geweest voor boomsterfte. Dit was ook niet de bedoeling want dan is er niet veel meer te meten aan het wortelstelsel. Er zijn weinig dode wortels gevonden. Waar er dode wortels waren, was dit op een plek die sterk vernat was en bij een boomsoort die hier relatief veel last van heeft (beuk). Ook bij jonge bomen mag de vernattingstap echter niet te groot zijn, omdat ook dan schade mogelijk is. In Leende is veel sterfte opgetreden bij jonge Douglas-zaailingen. De zone waar oude bomen dood gingen was echter groter dan de laagstgelegen plek met dode jonge bomen.

Conclusies:

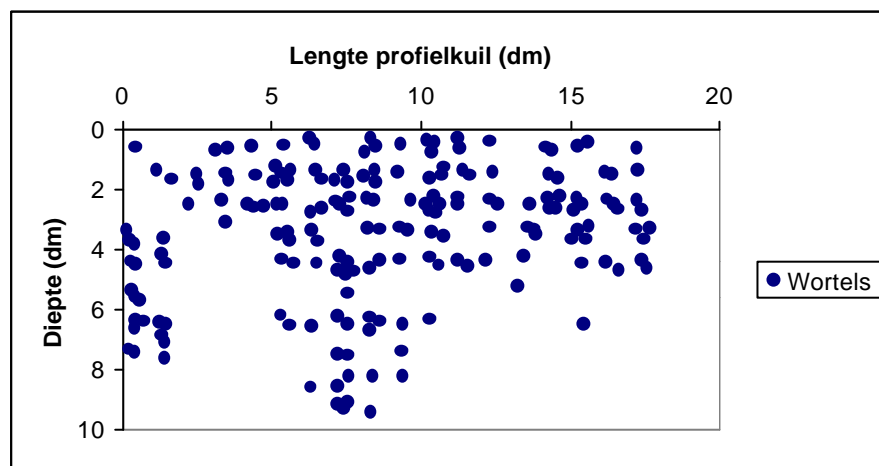
- De groei van bomen is sterk afhankelijk van de beschikbare wortelruimte. Dieper grondwater geeft een snellere groei zolang de optimum diepte voor grondwater nog niet is bereikt. Dit geldt voor vrijwel alle situaties die in het proefveld aanwezig zijn (8 boomsoorten en 4 grondsoorten).
- De vernatting gaf geen wortelsterfte op grote schaal. Als wortelsterfte optrad was dit wel in overeenstemming met het beeld in de veldlocaties met oudere bomen (beuk als direct reagerende gevoelige soort).
- Na de grondwaterstijging in 1997 nam de groei snel af tot het niveau dat paste bij de nieuw ingestelde grondwaterdiepte. De groei heeft zich dus snel aangepast aan de nieuwe wortelruimte.

### **3.3 Veldlocaties in Roden, Gees en Leende (vnl. uit Olsthoorn et al., 2001 en Bouman et al., 2001)**

In de lagere delen van het bos in de veldlocaties zijn groepen bomen doodgegaan van meerdere boomsoorten. In het transect met levende bomen bleek dat er veel dode wortels waren, met name in de lage delen van het transect (zie Figuur 1 met de voorbeelden van Gees met onnatuurlijke wortelprofielen; zie verder Olsthoorn et al., 2001, voor alle resultaten van het wortelonderzoek). Omdat de worteldiameterklasse < 5 mm het meest voorkomt, zijn hiermee het beste betrouwbare statistische relaties te leggen, bijvoorbeeld met de grondwaterdiepte (zie figuur 2) en met vitaliteit.



Figuur 2.: Het percentage dode wortels in relatie met de (zomer)grondwaterstand (Douglas  $r^2 = 0,74$ ; eik  $r^2 = 0,40$ ; en beuk  $r^2 = 0,40$ ).



Figuur 3.: Een onnatuurlijk wortelprofiel van eik in een gedeeltelijk vergraven bodem in Leende.

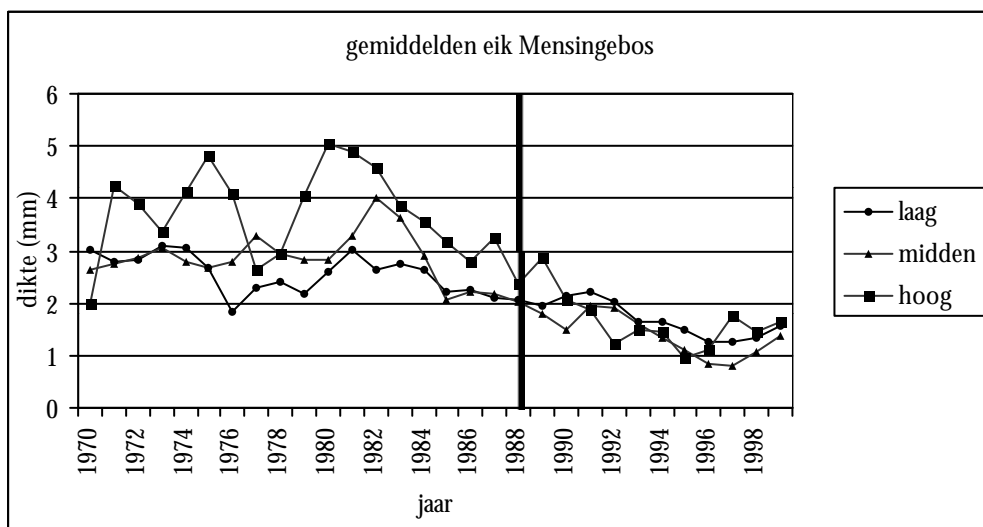
Het blijkt dat in een vergraven bodem soms meer wortels voorkomen tussen 40 en 80 cm diepte dan tussen 0 en 40 cm. Dit is een zeer onnatuurlijke situatie (alleen te vergelijken met sommige overstoven profielen). Opvallend is ook dat als de bodem gedeeltelijk niet-vergraven is, de wortels uitsluitend in het vergraven deel aanwezig zijn (zie figuur 3). De wortels zitten in dergelijke bodems dus dieper dan men in eerste instantie zou verwachten. Bij stijging van het grondwater, is er dus meer risico voor afsterven van een (te) groot deel van het wortelstelsel. Door een bodemonderzoek met een gewone grondboor, is overigens eenvoudig vast te stellen of er sprake is van een vergraven (dan wel begraven) profiel. Zo ja, dan moet een vernatting voorzichtiger worden uitgevoerd (minder sterke stijging van de grondwaterspiegel per stap).





Figuur 4.: Foto van een vergraven profiel

Bouman et al. (2001) hebben in de veldlocaties onderzoek gedaan naar het effect van fluctuaties in de grondwaterstand in de omgeving van de percelen bos op de diktegroei, via jaarringanalyse. De resultaten zijn niet geheel gelijk in de verschillende locaties, omdat de uitgangssituatie verschillend is evenals het tijdstip van vernatting. Het blijkt dat de bemonsterde volwassen bomen een verandering in de diktegroei vertonen in de jaren volgend op de vernatting. De eik vertoont meestal een afname in groei (deze is al begin 80-er jaren ingezet door insectenaantastingen). Beuk reageert vaak niet met een afname in de diktegroei, behalve bij grote directe schade, dan is de verandering juist groot. De hoger gelegen bomen in het transect reageren meestal sterker in groei dan de lager gelegen bomen (zie bijvoorbeeld Figuur 5). Mogelijk waren de lager gelegen bomen al beter aangepast aan regelmatige hoge grondwaterstanden. Vaak is de initiële groei al wat lager dan de hoger gelegen bomen. Als de vernatting plaats vindt in een nat jaar (Gees en Leende) zijn de groeireacties groter.



Figuur 5.: Gemiddelde jaarringdikte bij 3 groepen eiken in het Mensingebos bij Roden (uit Bouman et al. 2001).



#### Conclusies:

- In alle drie veldlocaties is sterfte opgetreden in de onderzochte boomsoorten in lage delen van het terrein door wateroverlast in het late voorjaar (in april/mei water op het maaiveld). Ook berk en lariks zijn afgestorven. Naar deze boomsoorten is geen verder onderzoek verricht in de veldlocaties. In Vragenderveen bij Winterswijk blijkt zelfs els af te sterven als de bossen te lang onder water staan in het groeiseizoen (onderzoek van Stortelder et al., zie Kemmers et al., in voorbereiding).
- Er bleek een goede relatie gevonden te worden tussen de diepte van het grondwater, resp. hoogteligging in het terrein, en het aantal dode wortels (zie Figuur 1). Te hoge grondwaterstanden leiden tot mortaliteit van wortels in alle diameterklassen.
- Er bleek een goede relatie te zijn tussen het percentage dode wortels en de vitaliteit van de bomen.
- Een vernatting heeft dus inderdaad effect op de vitaliteit van de bomen. Soms is dit effect van korte duur, als zich een nieuw evenwicht kan instellen tussen wortelstelsel en bovengrondse bladmassa.
- Als er secundaire plagen optreden, zoals bij eik, kan de boom zich niet herstellen en gaat zelfs verder achteruit.
- Bij bomen die de vernattingsingreep overleven is er vaak juist een sterk groei-effect bij de hoger liggende bomen, omdat daar de wortelruimte het sterkst wordt beperkt. De lagergelegen bomen hadden altijd al weinig wortelruimte en waren aan wateroverlast gewend.
- Er is een groot karakterverschil tussen de boomsoorten in de reactie op vernatting:
  - Beuk en Douglas (en waarschijnlijk andere snelgroeiende naaldboomsoorten) vertonen een snelle reactie: ze gaan wel of niet dood. Als bijvoorbeeld beuk overleeft is er, zelfs bij grote tijdelijke vitaliteitschade, herstel van het ondergrondse/bovengrondse evenwicht. Het bovenste deel van de kroon sterft af, maar daaronder vormt zich een nieuwe vitale kroon.
  - Eik vertoont in aanvang vaak weinig reactie, overleeft soms in lagere delen dan beuk. Er treedt wel een verzwakking op, waardoor secundaire insecten een kans krijgen. De eikenprachtkever blijkt dan een groot risico (zie ook Oosterbaan et al. 2001).
- Omdat bij de vernatting in de boslocaties vaak ook dikke wortels op een diepte tussen 0 en 40 cm zijn afgestorven, zal het risico van windworp op termijn van enige jaren toenemen doordat hoofdwortels verrotten. De mate van vernatting bepaalt dan hoe groot dit risico is. Het is zonder nader onderzoek moeilijk dit risico te kwantificeren.



## 4 Aanbevelingen voor beleid en praktijk

### 4.1 Antwoord op de vragen

Dit hoofdstuk is een uitwerking van de resultaten en conclusies uit alle deelrapporten van dit onderzoek (zie bijlage), die zijn samengevat in het vorige hoofdstuk. Hier worden de gestelde vragen vanuit beleid en praktijk in hoofdstuk 2 beantwoord.

#### 4.1.1 **Beleid: Vernatting kan ingezet worden ten behoeve van verschillende doelstellingen. Welke afwegingen spelen er bij het bepalen van de doelstelling?**

In de Evaluatie verdrogingsbestrijding (Van Vliet et al., 2002) bleek dat goede afstemming tussen beleid en uitvoering nodig is voor een goed resultaat. Veel tegenvallers bleken terug te voeren op onduidelijkheid over de precieze doelstelling(en). Soms zijn pijnlijke beslissingen of veel geduld nodig voor een van de (voormalige) doelstellingen of gebruiksfuncties van het terrein. Deze zijn meer acceptabel als men weet dat de maatregelen goed afgewogen zijn. Gezien de soms kleinschalige verschillen in bodemopbouw is voor een succesvolle vernatting een goede planning nodig, soms tot op perceelsniveau.

Vernatting kan een aantal doelen dienen. Doelen, die gevolgen hebben voor de precieze uitvoering. Het maakt veel uit of je vooral een zo hoog mogelijke waterberging wilt (maximale retentie), maximale buffercapaciteit voor pieken in de neerslag, optimaal natuurherstel óf optimale snelheid van bosgroei (en/of optimale vitaliteit). Voor al deze doelen kan vernatting een methode zijn, met een heel verschillende uitwerking op de sterkte en manier van de vernatting. Meestal is er in het Nederlandse bos sprake van een verweving van doelen, bijvoorbeeld herstel van natuurwaarde bij voortgaande houtproductie. Omdat er risico's zijn bij vernatting, moet goed worden nagedacht over de afweging in de doelstellingen. Is het geen probleem als een of meer boomsoorten dood gaat? Of sluit dit zelfs beter aan bij de doelstelling, omdat hierdoor bijvoorbeeld exoten verdwijnen? Dan kan bij vernatting naar het optimum van de andere doelstelling(en) worden gestreefd. Als dit "maximale waterberging" is, zou al het water in het gebied gehouden kunnen worden door alle sloten te dichten en ook op grotere schaal wegzijging van water tegen te gaan (bijvoorbeeld stoppen met waterwinning en drainage in de ruime omgeving). Afhankelijk van de hydrologie van het gebied kan dit grote gevolgen hebben voor de vitaliteit van de aanwezige bomen.

Voor herstel van de natuurwaarde is het meestal het belangrijkste om de **zomer**grondwaterstand te verhogen, om de natuurkwaliteit van het bos te laten toenemen. Verhogen van de **winter**grondwaterstand heeft meestal weinig effect op de kwaliteit van de ondergroei. Bij overstromingen aan het eind van een natte winter of in een nat groeiseizoen is er zelfs een risico dat de ondergroei afsterft (aangetroffen in Gees en Leende in 1998). Helaas is de zomergrondwaterstand moeilijk te verhogen omdat dit meestal maatregelen in een groter gebied vereist (zie ook Remesal & Van der Hoek, 2000). De wintergrondwaterstand is relatief makkelijk te verhogen. Vooraf moet dus goed bedacht worden wat er nodig is om de goedafgebakende doelstelling(en) te halen.

In hoofdstuk 5 worden een chronologie van overwegingen gegeven die relevant zijn indien vernatting overwogen wordt.

#### **4.1.2    *Beleid/praktijk:* Wat moet men o.a. vooraf inventariseren om een vernattingsproject succesvol te kunnen plannen?**

Zeker als herstel van de oorspronkelijke natuurwaarde gewenst is, moet er goede historische informatie zijn over de grondwaterniveaus voordat verdroging optrad. Daarnaast is inzicht nodig in de mogelijkheden van het verhogen van met name de zomergrondwaterstand (zie ook bij vraag 4.1.1). Dit vereist veel hydrologisch inzicht en wellicht aanvullend onderzoek in het gebied voor het bepalen van de technische mogelijkheden om het grondwater op te zetten. Van Vliet et al. (2002) signaleren dat waterschappen vaak erg behulpzaam en creatief zijn bij het ontwerpen van maatregelen, die heel specifiek gericht zijn op de gewenste veranderingen. Het beleid moet zich dus vooraf goed laten adviseren door waterschappen en ook door bosbeheerders om een zo haalbaar mogelijk plan te ontwerpen. Waterschappen dienen daarbij de risico's voor wortelschade van de boomsoorten bij vernatting goed te kennen. Dan kunnen hydrologische doelen ook meetbaar worden geformuleerd, zodat op termijn kan worden bekeken of deze doelen gehaald zijn.

Om het risico van schade aan de bomen van tevoren in te kunnen schatten, is het daarnaast absoluut noodzakelijk om te weten of de bodem vergraven is. Dit is eenvoudig vast te stellen met een aantal bodemboringen met een gewone Edelmanboor. Bij de boringen wordt gelet op de aantrekkelijkheid van het bodemmilieu voor beworteling. Bij een diep aantrekkelijk wortelmilieu, bijv. door vergraving, moet een vernatting met veel meer voorzichtigheid worden aangepakt (zie ook bij vraag C). Vervolgens kan bekeken worden welke doelen haalbaar zijn in die specifieke situatie. Mogelijk zijn niet alle wensen haalbaar en moet een suboptimale functie vervulling geaccepteerd worden.

Ook moet de leeftijd van de (voornaamste) bomen in het gebied bekend zijn, voor het inschatten van hun gevoeligheid voor vernatting. Daarbij wordt dan tevens bekend of de bomen al vóór de vernatting aanwezig waren of dat ze na de verdroging aangeplant zijn bij een lagere grondwaterstand.

#### **4.1.3    *Praktijk:* Wat is het effect van de diepte van de beworteling van de aanwezige boomsoorten?**

De diepste wortels hebben meer kans op afsterven bij vernatting. Losse pakking en hoog gehalte aan organische stof beneden de 40 cm diepte vormt een aantrekkelijk wortelmilieu op grote diepte en dit zal zorgen voor onnatuurlijke wortelprofielen (veel wortels dieper dan 40 cm). De boomsoorten die aanwezig waren vóór de vernatting zullen dan een grotere amplitude hebben in vitaliteit en groei, ook na aanpassing aan de hernieuwde hoge niveaus van de grondwaterstand. Droge jaren leiden namelijk tot meer naar beneden groeiende wortels, die in natte jaren op grotere schaal afsterven dan voor de verdroging. In ongestoorde bodem zou wellicht zelfs bij de verdroging geen diepe beworteling zijn opgetreden (zie het voorbeeld van de deels vergraven bodem in Leende, Figuur 3). Dan is verdroging veel makkelijker terug te draaien en zal vernatting vaak minder grote gevolgen hebben.

#### **4.1.4    *Praktijk/beleid:* Voor welke boomsoorten zijn de risico's het grootst en wat is het effect van toenemende leeftijd?**

Er zijn verschillen in gevoeligheid voor vernatting tussen boomsoorten (o.a. Gill, 1970). Als deze gegevens worden gecombineerd met andere bronnen (met name Kopinga & Olsthoorn, in voorbereiding) kunnen deze verschillen in gevoeligheid globaal in kaart worden gebracht. Daarbij moet worden bedacht dat de inschatting is gebaseerd op "expert judgement" en dus voorzichtig geïnterpreteerd moet worden. Kopinga & Olsthoorn geven als tolerantieclassen voor vernatting deze volgorde (bij bomen vanaf 50 jaar, zie ook tabel 1): Hoog tolerant zijn: wilg, populier, els; Redelijk tolerant is: es; Matig tolerant zijn linde, iep, paardekastanje en Weinig tolerant zijn: beuk en eik. Op basis van het wortelonderzoek (Douglas) en de overige observaties in de onderzoekslocaties (berk, lariks) moeten Douglas en lariks in de klasse Gering tolerant worden geplaatst en berk in de klasse Matig tolerant. Kopinga & Olsthoorn geven ook het effect van leeftijd aan: voor de meeste boomsoorten zijn de risico's het grootst als de bomen ouder zijn dan 50 jaar (waarbij de landschappelijke en juridisch/financiële waarde juist sterk toeneemt).

Er zijn verschillen in de termijn waarop de boomsoorten reageren. Eik lijkt in eerste instantie hogere grondwaterniveaus aan te kunnen dan beuk. In Roden bleek echter duidelijk dat op termijn aantastingen door secundaire insecten de eik alsnog een fatale slag kunnen toebrengen (eikenprachtkever) die waarschijnlijk met de vernatting te maken heeft. Zie ook Oosterbaan et al. (2001). Overigens kan de eikenprachtkever ook reageren op de condities in natte jaren zonder dat de grondwaterstand door mensen is aangepast, dus een natuurlijke 'vernatting', wanneer die lang genoeg aanhoudt, zoals in 1993 en 1998 (mond. meded. Remesal, 2002). Nadat de eik in de eerste jaren na de vernatting niet negatief leek te reageren, trad toch nog grootscheepse sterfte op.

Bij enige beuken in het lage deel van het transect waren eerder grote delen van de bovenkant van de kroon geheel dood gegaan (de bovenste 5 meter of meer), maar daaronder heeft zich een nieuwe vitale kroon gevormd. Omdat beuk minder secundaire plaaginsecten heeft, kan hij herstellen van een tegenschot in de vitaliteit, indien er voldoende overblijft van de ondergrondse en bovengrondse boom (resp. wortels in de bodem en takken in de kroon). Moraal (2002) signaleert recent een nieuwe kever bij beuk, de beukenprachtkever. Deze wordt meer geassocieerd met schade bij droogte, dus wellicht vallen de risico's voor uitbreiding van deze soort bij vernatting mee.

#### **4.1.5 *Praktijk:* Bij welke stapgrootte van een vernatting zijn de risico's acceptabel?**

Uit het onderzoek kan geen waterdicht recept worden gegeven voor de stapgrootte bij een vernatting waarmee risico's van (on gepland) afsterven geheel afwezig zijn. Er zijn voorbeelden van wat niet mogelijk is. In de lage delen van de transecten in Roden, Gees en Leende zijn bomen afgestorven. Ook hierbij was de vergravenheid van de bodem een belangrijke storingsbron. De uitgangsdiepten van zowel zomer- als wintergrondwaterstand hebben uiteraard ook invloed op de beperking van de wortelruimte bij vernatting. Als er sprake is van hangwaterprofielen (na de verdroging), kan soms een flinke eerste stap gemaakt worden bij de verhoging van de grondwaterstand. Ook dan zal goed gelet moeten worden op de diepte van de doorworteling. Als er veel diepe wortels aanwezig zijn, bijvoorbeeld na diepspitten, is schade aan de bomen te verwachten (veel wortels zullen dan uitvallen door verdrinking).

In hoofdstuk 5 worden voorlopige richtlijnen gegeven voor een maximale vernatting afhankelijk van de aanwezige boomsoorten en de huidige (verdroogde) situatie. Deze richtlijnen zijn gebaseerd op expert judgement (zie bij vraag D), maar konden getest worden op de locatie Gees, omdat hier de omstandigheden aansloten op de stapgrootte in de tabel (zie ook figuur 1). Toch moeten de richtlijnen voorzichtig worden geïnterpreteerd. Natte jaren vlak na een vernattingsstap kunnen toch onverwachte schade opleveren. Zie ook bij vraag H voor het flexibel inzetten van een vernatting.

#### **4.1.6 *Beleid/praktijk:* Hoe snel opeenvolgend kunnen stappen worden gezet in de verhoging van de grondwaterstand?**

Het advies is om in meerdere, kleine, stappen te vernatten. Deze stappen moeten voldoende ver uit elkaar liggen, omdat elk jaar verschillend is in neerslaghoeveelheid en neerslagverdeling. Het is mogelijk dat er een aantal droge jaren volgt na een vernattingsingreep. Daardoor zal het effect van de maatregel in eerste instantie vrij gering zijn. Als daarna een nieuwe vernattingsstap wordt gezet, en er treedt juist dan een nat jaar op, zal het voor de bomen lijken of er ineens één grote stap wordt gezet, met mogelijk vervelende gevolgen. Het advies is dus om een lange periode tussen de maatregelen aan te houden, liefst 10 jaar. In de tussentijd kan de vitaliteit (en eventueel de groei) gevolgd worden.

#### **4.1.7 *Beleid/praktijk:* Hoe kunnen de effecten van vernatting worden gevolgd via monitoring van de vitaliteit?**

Vernattingschade aan de wortels leidt uiteindelijk tot een soort verdrogingschade in de kroon. Omdat de wortels dood zijn, stopt de wateropname op een gegeven

moment en kan óf de gehele boom doodgaan óf alleen het bovenste deel van de kroon. Problemen in het wortelstelsel kan men relatief snel zien aan de vitaliteit van de twijgen in de kroon. Additioneel aan de parameters van het vitaliteitsonderzoek (o.a. Reuver, 1998) is het dus verstandig om het percentage dode twijgen in het bovenste deel van de kroon vast te stellen in grove categorieën: <1%; 1 – 15%; 15 – 85%; 85 – 99%; en >99% dode twijgen in de bovenkant van de kroon (als 'waterindicator'). Het blijkt dat bij problemen in het wortelprofiel al snel knoppen boven in de kroon afsterven. Als er problemen zijn om water op te nemen treden in de hoogste delen van de kroon het eerst problemen op, waardoor knoppen en twijgen kunnen verdrogen. Bij opvolgende jaarlijkse vitaliteitopnamen in een vernattingsproject in het Vragenderveen bij Winterswijk (De Waal et al., 1999 en Kemmers et al., in voorbereiding) blijkt dat bomen snel het stadium van rond de 10% dode twijgen doorlopen naar rond de 90% of meer dode twijgen. Daarom kan de middelste klasse van de waterindicator zo groot gehouden worden, een nauwkeuriger indeling is niet nodig.

Omdat bij vernattingsprojecten al regelmatig gebleken is dat er achteraf discussie is over de precieze oorzaken als zich onvoorziene vitaliteitsproblemen voordoen, verdient het aanbeveling om een aantal kleine proefvlakken van verschillende boomsoorten te volgen in vitaliteit. Hierbij kan de vitaliteit het beste worden gevolgd in lage delen van het terrein en het handigste bij de meest gevoelige boomsoorten die men wil behouden. Er kan dan bijvoorbeeld een accent gelegd worden op inheemse boomsoorten. Eventueel kan van hogere delen in het terrein worden aangegeven in hoeverre deze beter scoren dan de lagere delen. De inrichting van de monitoring hangt uiteraard ook af van schaalgrootte van de vernatte delen van het bos en de financiële mogelijkheden.

#### **4.1.8 *Praktijk: Hoe kan vernatting flexibel worden ingezet?***

Door het grote effect van jaren die bovengemiddeld nat zijn, is het goed om als het ware met de hand aan de kraan te kunnen vernatten. De laatste jaren zijn relatief nat geweest, mogelijk als gevolg van klimaatsveranderingen. Als er veel neerslag valt aan het begin of het einde van het groeiseizoen, kan daarop hopelijk worden ingespeeld door extra water uit het gebied weg te laten lopen. Het is van groot belang dat het water niet meer op het maaiveld staat als de wortels actief worden, rond begin april. Om niet teveel water weg te laten stromen, is er bij voorkeur een zeer oppervlakkig sloten- of greppelstelsel (bijvoorbeeld max. 50 cm diep). Deze voeren 's zomers in elk geval geen water af en zouden moeten stoppen met waterafvoeren in de loop van maart.

Als er duikers onder wegen aanwezig zijn in het gebied is te overwegen om "hoekverbindingen" te gebruiken, aan te sluiten op duikers ('knieën'). In omhoog gerichte stand houden ze het water vast en als het te nat is in het voorjaar of najaar kunnen ze horizontaal worden gedraaid om snel water af te tappen uit het gebied. In het Mensingebos is met deze methode gewerkt. Aftappen van teveel water blijkt niet vaak nodig te zijn, zeker als de knieën op een strategische hoogte zijn afgesteld (in Mensingebos 20 cm beneden maaiveld, ter plaatse van de duikers).

Deze maatregelen gaan enigszins ten koste van de maximale waterberging in het gebied, maar bij meervoudige functievervulling zal dit de risico's voor bomen belangrijk verkleinen.

#### **4.1.9 *Beleid/praktijk: Is totaal herstel van de oorspronkelijke situatie mogelijk na vernatting tot de oorspronkelijke grondwaterstand?***

Als herstel van de grondwaterstand over een voldoende groot gebied kan worden ingezet, zodat met name de zomergrondwaterstand stijgt, is de grondwaterstand zelf hersteld. Dit is ten eerste niet altijd makkelijk te realiseren en kan bovendien niet altijd een garantie zijn voor volledig herstel van het ecosysteem. De aanwezige bodems kunnen namelijk op verschillende manieren irreversibel veranderd zijn na verdroging: door oxidatie van organische stof na verdroging, maar ook door effecten van verzuring en vermesting (zie voor de kans op van herstel tot de oorspronkelijke natuurkwaliteit ook Hendriks et al., 2001). Uit het huidige onderzoek blijkt dat totaal herstel ook niet mogelijk is als de bodem diep vergraven is. Dit blijkt uit de

veranderde bewortelingsprofielen. Dit is niet te herstellen; meer dan 70 jaar na het spitten blijken stukken bovengrond op 80 cm diepte nog vrijwel even veel organische stof te bevatten als in de dertiger jaren van de vorige eeuw. Zie ook bij vraag C.

#### **4.1.10 *Beleid/praktijk: Hoe sterk neemt het windworprisico voor bomen toe na vernatting?***

Omdat in de veldlocaties ook dikke wortels zijn doodgegaan door vernatting, kan aangenomen worden dat de risico's voor windworp zullen stijgen bij te grote stapgrootte van een vernatting. Ook hierbij zijn er verschillen in tolerantie tussen de boomsoorten (zie bij vraag D). Het hangt af van de grootte van het verdronken deel van het wortelstelsel, maar ook van de infectierisico's via de dode wortels. Deze dode wortels zouden kunnen dienen als invalpoort voor parasitaire schimmels, waardoor het wortelstelsel naderhand nog verder zal verzwakken. Uit het huidige onderzoek kunnen over de snelheid van deze processen geen uitspraken gedaan worden. De verwachting is dat deze risico's niet groot zijn, als de stapgrootte en het tempo van de vernatting voldoen aan de richtlijnen in hoofdstuk 5.



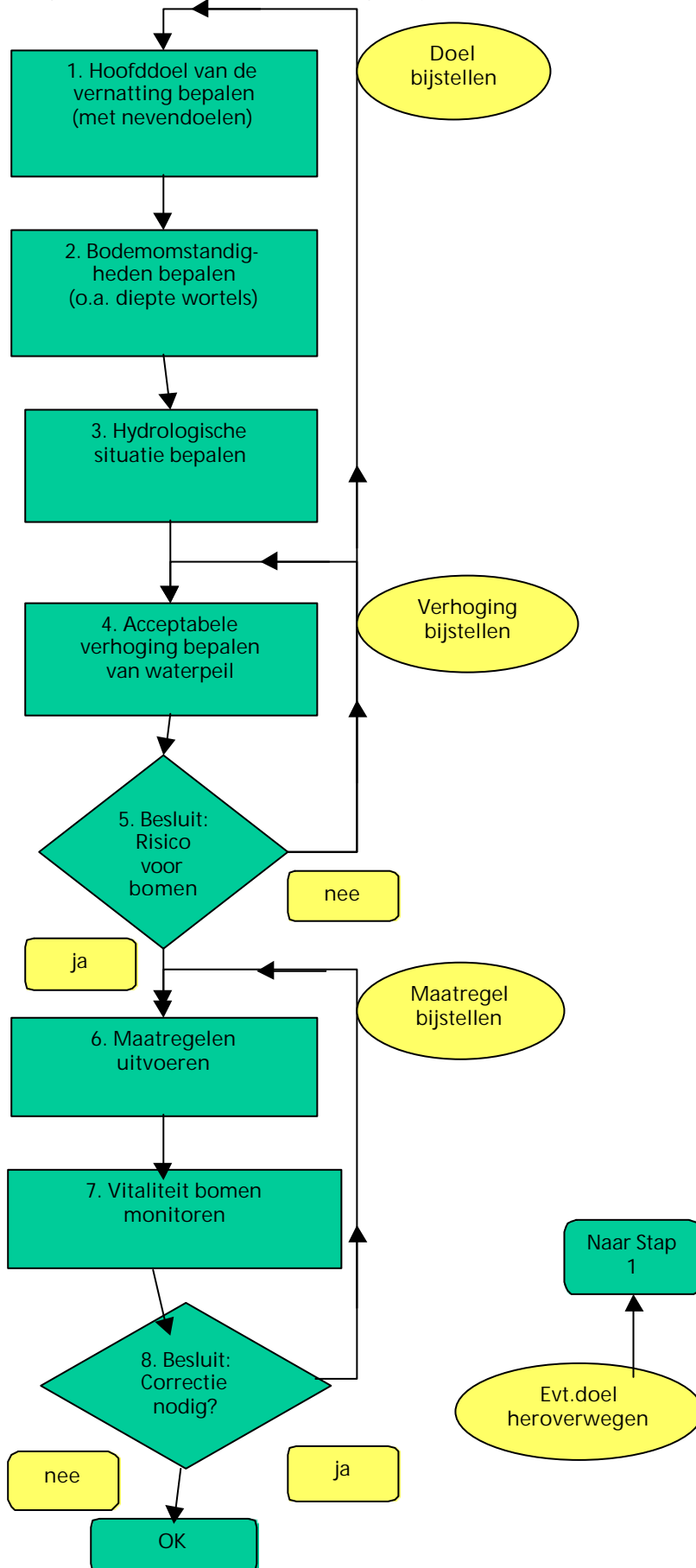
*Voor herstel van de natuurwaarde is het meestal het belangrijkste om de zomergrondwaterstand te verhogen. (Foto: G. Grimberg)*

## 4.2 Potentiële demonstratieobjecten

Uit dit onderzoek komt ook een aantal demonstratieobjecten voort, met name de drie boslocaties met volwassen bos (Roden, Gees en Leende). Deze kunnen dienen als voorbeeld voor andere locaties waar vernatting overwogen wordt. Het bos is hiervoor nog niet 'ingericht', maar in overleg met Staatsbosbeheer is dit een mogelijkheid. In principe zouden medewerkers van Staatsbosbeheer hieraan een deel van hun voorlichtende taak kunnen besteden. Vanuit Alterra zou dan voldoende informatiemateriaal beschikbaar moeten worden gesteld, zodat Staatsbosbeheer dit steeds ad hoc kan organiseren met geïnteresseerde groepen. De inrichtingsmaatregelen kunnen overigens zeer beperkt zijn: men moet de objecten kunnen vinden en er is dan een route langs een aantal bomen. Daarbij gaat het vooral om de toelichting. Er kan worden bekeken wat het effect is van vernatting, in relatie tot hoogteverschillen in het terrein. Er zijn op de laagste plekken (meestal) sterfteplekken te zien. Er is verschil in reactie van verschillende boomsoorten. De opzet van deze vorm van nazorg is ook afhankelijk van de mogelijkheden die Staatsbosbeheer heeft.



Figuur 6.: Stroomschema met de chronologie van overwegingen bij de planning, uitvoering en monitoring van vernattingsprojecten in bossen.





## **5 Richtlijnen voor voorbereiding en uitvoering van een vernatting**

### **5.1 Overwegingen bij een voorgenomen vernattingsproject:**

Op basis van de antwoorden op de vragen uit beleid en praktijk in het vorige hoofdstuk, kan een stroomschema worden ontworpen voor een volgorde in de overwegingen. Daarbij zal het optimum resultaat worden bereikt in de doelstelling, bij minimalisering van de risico's. Wel dient men te beseffen dat zowel de stapgrootte als het interval tussen de stappen van de vernatting meestal gelimiteerd is, zodat geduld vaak vereist is (!). Zie het stroomschema voor de chronologie in de overwegingen (Figuur 6 op pagina 24).

### **5.2 Stapgrootte bij een vernatting:**

Tijdens een test van een tabel uit Kopinga & Olsthoorn (2002) met gegevens van de locatie Gees uit het vernattingsonderzoek van Olsthoorn et al. (2001) bleek dat de waarden in de rechterkolom van de tabel (boomsoorten met geringe tolerantie voor vernatting) bleken te kloppen met de veldwaarnemingen (Tabel 1.). De vernatting in Gees was ongeveer 30 cm. Indien méér is vernat dan aangegeven in de tabel (bij Gt II), blijkt dat aanzienlijke wortelsterfte is opgetreden (zie ook Figuur 1.). Indien evenveel of minder is vernat dan aangegeven, is geen bijzondere wortelsterfte opgetreden (bij Gt V, VI en VII). Mede omdat de verschillen in aanbevolen maximale stapgrootte voor de tolerante boomsoorten niet erg groot zijn, is de verwachting dat ook in die gevallen de aanbevolen maximale stapgrootte voldoende betrouwbaar is. Er is overigens veel hydrologische ervaring vereist om precies deze vernatting te kunnen realiseren. Afwijkingen van deze stapgrootte kunnen grote gevolgen hebben.

Tabel 1.: Globale indicaties ten aanzien van de maximaal toelaatbare stijging van de GLG (=gemiddeld laagste grondwaterstand) per grondwatertrap en per boomsoortengroep. Veel lokale hydrologische veldervaring is nodig om deze stijging te realiseren zonder dat de voorjaarsgrondwaterstand (GVG) teveel meestijgt (aangepast uit: Kopinga & Olsthoorn, 2002).

Grondwatertrap	Boomsoortengroep (tolerantieklasse):			
	wilg, populier en els	es	linde, iep, paardekastanje en berk	beuk, eik, lariks en douglas
I	2 dm	1-2 dm	1 dm	0-1 dm
II	2-3 dm	2 dm	1-2 dm	1 dm <sup>+</sup>
III	3 dm	3 dm	2-3 dm	2-3 dm <sup>+</sup>
IV	4 dm	3-4 dm	3 dm	2-3 dm <sup>+</sup>
V	4 dm *	3-4 dm *	3 dm *	3 dm **
VI	5 dm *	4-5 dm *	4 dm *	4 dm **
VII	5 dm *	4-5 dm *	4-5 dm *	4 dm **

<sup>+</sup> = Gecontroleerd met veldwaarnemingen

<sup>\*</sup> = Minimumindicaties waarbij er voorzichtigheidshalve van uit is gegaan dat de GLG zich direct onder het niveau van 120 cm minus maaiveld bevindt. In de praktijk zal dat bij de drogere Gt's echter lager zijn en dan zijn grotere stijgingen aanvaardbaar al naar gelang de GLG dieper ligt.

# Literatuur

*Hierin zijn niet opgenomen de projectrapporten. Zie de bijlage voor een volledige literatuurverwijzing.*

Gill, C.J. 1970 The flooding tolerance of woody species - a review. *Forestry Abstracts* 31 (4): 671-688.

Hendriks, C.M.A, Bijlsma, R.J., Leeters, E.E.J., Olsthoorn, A.F.M., De Vries, F, Van der Wal, T., Otjens, T & Wijdeven, S.M.J. 2001 Haalbaarheid van een kennisstelsel voor de beoordeling van kansrijkdom van effectgerichte maatregelen in bos in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur. Rapport Overlevingsplan Bos en Natuur, Expertise Centrum LNV (IS/05-2001), Wageningen en Alterra, Wageningen, 82p.

Kemmers, R.H., Waal, R.W. de, Stortelder, A.H.F. & Zuidhof, A.C. (in voorbereiding) OBN-referentieproject Springendal/Korenburgerveen; Resultaten monitoring 2001 en 2002. Rapport KIWA/Alterra, Nieuwegein, Wageningen, KOA 02.079.

Kemmers, R.H., Delft, S.P.J. van & Jansen, P.C. (2002) Iron and sulphate as possible key factors in restoration ecology of rich fens in discharge areas. (submitted)

Kopinga, J. & Olsthoorn, A.F.M. (in druk) Tolerantie van bomen voor vernatting: inschatting van de mogelijke effecten van de grondwaterstijging in Zuid-Kennemerland. Verslag van een studie, uitgevoerd in opdracht van de NV. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland. Alterra Rapport, Wageningen.

Moraal, L.G. 2002 Beukensterfte ook in Nederland? *Vakblad Natuurbeheer* 41 (1): 13-15.

Oosterbaan, A., Berg, C.A. van den, Maas, G.J. & Moraal, L.G. 2001 Eikensterfte in Nederland. Omvang en de rol van enkele achterliggende factoren. Rapport Alterra 236, Wageningen, 53p.

Remesal, L.M. & Van der Hoek, W.F. 2000 Bestrijding van verdroging in bossen: kwestie van maatwerk. *Vakblad Natuurbeheer* 39 (3): 35-38.

Reuver, P.J.H.M. (Ed.) 1998 De vitaliteit van bossen in Nederland in 1998. Verslag Meetnet Bosvitaliteit nr. 4. Rapport IKC Natuurbeheer nr. 34, Wageningen, 23p.

Vliet, C.J.M. van, Blitterswijk, H. van, Blankena, A. & Balduk, C.A. 2002 Blauw voor groen: nog veel te doen; een evaluatie van de verdrogingsbestrijding in Nederland. Rapport Alterra, Wageningen, 462, 68 p.

Vroon, H.R.J. 2000 Groeigrafieken van bomen ter bepaling van de opbrengstverandering door grondwaterstandwijzigingen. Rapport Alterra Nr. 36.

Waal, R.W. de, Stortelder, A.H.F. & Zuidhof, A.C. 1999 OBN-referentieproject Springendal/Korenburgerveen; meetsysteem en nulsituatie Korenburgerveen. Rapport KIWA/SC-DLO/IBN-DLO, Nieuwegein, Wageningen, KOA 99.091.

Zuurdeeg, N. 2001. Stellingen. In: *Uitvliegers*, 12 april 2001. Expertisecentrum LNV.



## **Bijlage: Verschenen publicaties uit het vernattingsonderzoek aan bomen**

- Berg, C.A. van den, A.F.M. Olsthoorn, G.W. Tolkamp & C.J.F. ter Braak 2002 Effecten van vernatting op 8 boomsoorten in het hydrologische proefveld Geestmerambacht. Rapport Alterra (in voorbereiding)
- Bouman, M.A., L.B. Stelwagen, E.A. de Vries & A.F.M. Olsthoorn 2001 Verdrinken de bomen? Een onderzoek naar de effecten van vernatting op de groei van bomen. Alterra Rapport 314, Alterra, Wageningen, 82p.
- Koppe, J.A., Van den Berg, C.A. & Olsthoorn, A.F.M. 2001 Interim rapportage van het hydrologische proefveld Geestmerambacht. Alterra Rapport 277, Alterra, Wageningen, 35p.
- Olsthoorn, A. 1999 Vernattingsonderzoek in bossen: 1998 ideaal jaar. Nederlands Bosbouw tijdschrift 71 (4): 155-156.
- Olsthoorn, A.F.M. & Tolkamp, G.W. 2000 Effects of rising groundwater tables on root condition and tree vitality. In: Hasenauer, H. (Ed.) Forest ecosystem restoration: Ecological and economical impacts of restoration processes in secondary coniferous forests. Proceedings International Conference in April, 2000. Institute of Forest Growth Research, University of agricultural Sciences, Vienna: 194-199.
- Olsthoorn, A.F.M., Tolkamp, G.W. & Koch, M.J. 2001 Effecten van vernatting op de groei en vitaliteit van eik en beuk en Douglas in Roden, Leende en Gees. Alterra Rapport 276, Alterra, Wageningen, 53p.
- Olsthoorn, A.F.M., Kopinga, J., Tolkamp, G.W., Van den Berg, C. & Ter Braak, C.J.F. 2002 Effecten van vernatting op bomen. Conclusies en aanbevelingen voor praktijk en beleid. Rapport OBN (Dit rapport).
- Olsthoorn, A.F.M., Kopinga, J., Tolkamp, G.W., Van den Berg, C.A. & Ter Braak, C.J.F. 2002 Effecten van vernatting in bossen. OBN Nieuwsbrief 02/16: 1-4. Verschenen in Vakblad Natuurbeheer jrg. 41 nr. 5.
- Artikel in Nederlands Bosbouw tijdschrift in voorbereiding